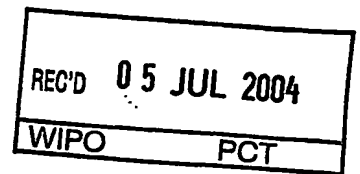


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP04/5214

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 21 733.9

Anmeldetag: 14. Mai 2003

Anmelder/Inhaber: BASF Aktiengesellschaft, 67063 Ludwigshafen/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von ameisensauren
Formiaten

IPC: C 07 C 53/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. April 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BASF Aktiengesellschaft

14. Mai 2003
B03/0070 IB/HKE/KUD/vo/arw

5 **Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten sowie die Verwendung der danach hergestellten Ameisensauren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und/oder tierischen Stoffen, zur Behandlung von Bioabfällen sowie als Additiv in der Tierernährung oder als Wachstumsförderer für Tiere.

15 Ameisensaure Formiate besitzen eine antimikrobielle Wirkung und werden beispielsweise zur Konservierung sowie zur Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen, wie etwa von Gräsern, landwirtschaftlichen Produkten oder Fleisch, zur Behandlung von Bioabfällen oder als Additiv zur Tierernährung eingesetzt.

20 Ameisensaure Formiate und Herstellmethoden für diese sind seit langem bekannt. So ist in Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, 8. Auflage, Nummer 21, Seiten 816 bis 819, Verlag Chemie GmbH, Berlin 1928 sowie Nummer 22, Seiten 919 bis 921, Verlag Chemie GmbH, Berlin 1937 die Darstellung von Natriumdiformiat sowie von Kaliumdiformiat durch Lösen von Natriumformiat sowie von Kaliumformiat in Ameisensäure beschrieben. Durch Temperaturniedrigung beziehungsweise durch
25 Abdampfen überschüssiger Ameisensäure sind die kristallinen Diformiate zugänglich.

DE 424 017 beschreibt die Herstellung von Ameisensauren Natriumformiaten mit verschiedenem Säuregehalt durch Einbringen von Natriumformiat in wässrige Ameisensäure in entsprechendem Molverhältnis.

30 Aus DE-A 198 43 697.1 ist ein Verfahren bekannt, dass die Herstellung von Ameisensauren Formiaten in industriellem Maßstab in hoher Raumzeitausbeute, bei großer Flexibilität bezüglich der Zusammensetzung und unter Einsatz gut zugänglicher Rohstoffe ermöglicht und eine einfache Verfahrensgestaltung mit niedrigen Investitionskosten und

niedrigem Energiebedarf erlaubt. Das Verfahren geht aus von MeFo, im Folgenden abgekürzt als MeFo bezeichnet. Durch partielle Hydrolyse von MeFo wird ein Ameisensäure enthaltender Strom gewonnen und der nicht hydrolisierte Anteil an MeFo wird durch Verseifung zum entsprechenden Metallformiat umgesetzt. Durch Vermischung des Ameisensäure und des Metallformiat enthaltenden Stromes wird das ameisensaure Formiat erhalten. Alternativ ist es auch möglich, entsprechend dem Verfahren der DE-A 102 37 380.9 den Metallformiat enthaltenden Strom anders als durch Verseifung von MeFo zur Verfügung zu stellen, insbesondere durch Carbonylierung eines Metallhydroxids in Gegenwart von Methanol.

MeFo ist ein wichtiges Zwischenprodukt bei der Herstellung von Ameisensäure und wird technisch durch kontinuierliche Carbonylierung von Methanol in der Flüssigphase in Gegenwart von Natrium- oder Kaliummethylat als Katalysator bei Temperaturen im Bereich von etwa 50 bis 150°C gewonnen (siehe Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th edition, 2000 electronic release, Chapter "FORMIC ACID – Production"). Bei der Reaktion handelt es sich um eine homogen katalysierte Gleichgewichtsreaktion, bei der mit zunehmenden Kohlenmonoxid-Partialdruck und sinkender Temperatur das Gleichgewicht in Richtung MeFo verschoben wird. Die bekannten Verfahren werden bei einem Druck von bis zu 30 MPa abs und einer Temperatur von 50 bis 150°C betrieben.

Bei der genannten Herstellung von MeFo treten insbesondere zwei unerwünschte Nebenreaktionen auf, welche bei dem kontinuierlich betriebenen Verfahren zu schwerwiegenden Problemen führen können. Beide Nebenreaktionen führen zur Bildung von Alkalimetallformiat. So reagiert das eingesetzte Alkalimetallmethylat mit gegebenenfalls eingebrachten Spuren von Wasser in einer Hydrolysereaktion zu Alkalimetallformiat und Methanol. Des Weiteren reagiert das eingesetzte Alkalimetallmethylat auch mit vorhandenem MeFo unter Bildung von Alkalimetallformiat und Dimethylether. Das Alkalimetallformiat kann dann aufgrund seiner unzureichenden Löslichkeit im Reaktionsmedium zu Ablagerungen in den Apparaten und Rohrleitungen bis hin zur Verstopfung von Rohren und Ventilen führen. Die Gefahr des Salzausfalls ist bei einem hohen Methanolumsatz und somit einer hohen Konzentration an MeFo besonders hoch und kann daher prinzipiell durch Einstellung eines Teilumsatzes unter Sicherstellung einer niedrigen Konzentration an MeFo verringert werden. Dem gegenüber steht jedoch das Bestreben, eine möglichst hohe Raum-Zeit-Ausbeute zu erzielen und somit eher eine hohe Konzentration an MeFo einzustellen.

In der Literatur werden eine Vielzahl an Verfahren und Verfahrensvarianten diskutiert, welche sich durch verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der Tendenz zur Bildung von Ablagerungen unterscheiden.

5 So beschreibt die DE-Patentschrift 926 785 ein bei 30 MPa arbeitendes Hochdruckverfahren, bei dem zur Reduzierung der Salzabscheidung nur eine geringe Katalysatorkonzentration von 0,25 Gew.-% Natrium (entsprechend 0,59 Gew.-% Natriummethylat) eingesetzt wird. Zudem wird der Reaktorinhalt kontinuierlich gerührt, um die abgeschiedenen Salzmen-
10 Reaktoraus- trag, welcher etwa 90% MeFo enthält, wird entspannt und destillativ aufgearbeitet.

Die DE-Auslegeschrift 1 046 602 beschreibt ein kontinuierliches, zweistufiges Verfahren in Gegenwart von 0,5 bis 5 Gew.-% Alkalimetallmethylat bei einem Druck von 5 bis 30
15 MPa. Durch Sicherstellung einer turbulenten Strömung im Reaktor sollen Ablagerung verhindert werden. Der Gesamtumsatz an Methanol beträgt etwa 90%. Der flüssige Reaktoraus- trag wird entspannt und destillativ aufgearbeitet.

Die DE-Auslegeschrift 1 147 214 beschreibt ein bei 15 bis 20 MPa arbeitendes
20 Hochdruckverfahren, bei dem die Umsetzung in Gegenwart von 0,12 bis 0,3 Mol-% Alkalimetallmethylat in mindestens zwei aufeinander folgenden, durch abnehmende Temperaturen gekennzeichneten Reaktionszonen erfolgt und das Kohlenmonoxid dem Reaktor in mindestens zwei Teilströmen in verschiedener Höhe zugeführt wird. Durch kurzfristige, wiederkehrende Änderungen der Kohlenmonoxid-Mengenverhältnisse soll
25 das Festsetzen der salzartigen Niederschläge verhindert werden. Der Gesamtumsatz an Methanol beträgt bis zu 97%. Der flüssige Reaktoraus- trag wird entspannt und destillativ aufgearbeitet.

WO 96/26178 beschreibt ein Hochdruckverfahren, bei dem die Umsetzung in Gegenwart
30 von 0,05 bis 0,2 Gew.-% Alkalimetallmethylat bei einem Druck von 21 bis 25 MPa erfolgt. Durch eine gute Dispergierung des Kohlenmonoxids, beispielsweise durch eine Strahldüse, kann trotz der geringen Katalysatorkonzentration ein ausreichend hoher Umsatz erreicht werden. So beträgt die Konzentration an MeFo im Reaktoraus- trag bis zu 97 Gew.-%. Der flüssige Reaktoraus- trag wird entspannt und destillativ aufgearbeitet.

35 DE-A 2 243 811 beschreibt ein Verfahren, bei dem die Umsetzung in Gegenwart von 0,4 bis 1,5 Gew.-% Alkalimetallmethylat in Gegenstromfahrweise bei einem Druck von 4 bis

30 MPa erfolgt und welches mehrere hintereinander geschaltete Reaktionszonen aufweist. Als bevorzugte Apparate sind insbesondere Kolonnen mit gefluteten Böden genannt. Das im Kolonnensumpf anfallende Reaktionsgemisch enthält 20 bis 70 Gew.-% MeFo und wird nach der Entspannung destillativ aufgearbeitet.

5

EP-A 0 617 003 beschreibt ein Verfahren, bei dem die Umsetzung in Gegenwart von 0,4 bis 1,5 Gew.-% Alkalimetallmethylat bei einem Druck von 1 bis 30 MPa erfolgt. Zunächst werden in einer Mischzone die Reaktanden zusammengeführt und zumindest teilweise umgesetzt. Die erhaltene Reaktionslösung wird abschließend mit Kohlenmonoxid gesättigt und einer Nachreaktionszone ohne Zufuhr weiterer Edukte zugeführt. Der flüssige Reaktorausstrag wird entspannt und destillativ aufgearbeitet.

10

15

WO 01/07392 beschreibt ein Verfahren, bei dem die Umsetzung in Gegenwart von 0,05 bis 0,5 Gew.-% Alkalimetallmethylat bei einem Kohlenmonoxiddruck von 9 bis 18 MPa erfolgt. Der flüssige Reaktorausstrag, welcher etwa 60 bis 95 Gew.-% MeFo enthält, wird zur Abtrennung des MeFos einer Destillationskolonne zugeführt. Der verbleibende katalysator- und methanolhaltige Sumpfstrom wird wieder rückgeführt, wobei einem Teilstrom davon über eine Entsalzungs Vorrichtung Restkatalysator und Katalysator-Abbauprodukte entzogen werden. In den Ausführungsbeispielen wurden Raum-Zeit-Ausbeuten im Bereich von 370 bis 880 g/l·h MeFo erreicht.

20

30

35

US 4,661,624 beschreibt ein zweistufiges Verfahren mit Rückführung der katalysatorhaltigen, methanolischen Lösung. Die Umsetzung erfolgt bei einem Druck von 0,48 bis 6,9 MPa (70 bis 1000 psia) und einer Konzentration an Alkalimetallmethylat von 1 bis 8 Mol-% (entsprechend 1,7 bis 13,5 Gew.-% Natriummethylat). In der zweiten Stufe wird in Gegenstromfahrweise weiteres Methanol zugeführt, um das restliche Kohlenmonoxid umzusetzen. Das Verfahren wird bei einem außerordentlich niedrigem Umsatz betrieben, so dass der flüssige Reaktorausstrag nur etwa 2 bis 20 Mol-% an MeFo enthält. Er wird zur Abtrennung des MeFos einer Destillationskolonne zugeführt. Der verbleibende katalysator- und methanolhaltige Sumpfstrom wird wieder rückgeführt. Die somit sehr hohe Konzentration an Methanol im Reaktionsgemisch wirkt einer Abscheidung salzartiger Ablagerungen entgegen. Nachteilig an diesem Verfahren ist jedoch der damit verbundene hohe Energieaufwand zur destillativen Abtrennung des MeFos und die Handhabung großer Mengenströme infolge der hohen Verdünnung, so dass sich insgesamt eine ungünstige Energiebilanz für den Gesamtprozess ergibt. Ferner sind zur Aufrechterhaltung der erforderlichen hohen Katalysatorkonzentration laufend große Mengen an Frischkatalysator zuzuführen.

Aus US 4,216,339 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Umsetzung in Gegenwart von 0,2 bis 4 Gew.-% Alkalimetallmethylat bei einem Druck von 2 bis 11 MPa erfolgt und bei dem das zugeführte Kohlenmonoxid über eine selbstansaugende Strahldüse, welche durch einen ausreichend hohen Kreislaufstrom betrieben wird, in das flüssige Reaktionsgemisch dispergiert wird. Entsprechend der zugeführten Menge der Edukte wird eine entsprechende Menge an Reaktionsgemisch kontinuierlich aus dem flüssigen Kreislaufstrom entnommen und nach der Entspannung destillativ aufgearbeitet. In Beispiel 2 wurde bei einem Druck von 4,4 MPa im Reaktionsgemisch eine Konzentration an MeFo von 51 Gew.-% erhalten. Auch bei diesem Verfahren ist der hohe Energieaufwand zur destillativen Abtrennung des MeFos aus dem Reaktionsgemisch infolge der hohen Verdünnung von Nachteil. Ferner ist ein großer Mengenstrom des Reaktionsgemisches kontinuierlich umzupumpen. Insgesamt ergibt sich daher eine ungünstige Energiebilanz für den Gesamtprozess.

Die DE-Patentschrift 863 046 beschreibt ein kontinuierlich arbeitendes Niederdruckverfahren, bei dem Methanol und 1 bis 2 Gew.-% Natrium (entsprechend 2,3 bis 4,7 Gew.-% Natriummethylat) in einer mit Füllkörpern bestückten Blasensäule von oben nach unten und Kohlenmonoxid im Gegenstrom von unten nach oben zugeführt und bei einem Druck von etwa 2,5 bis 3,0 MPa (25 bis 30 Atmosphären) umgesetzt werden. Das Reaktionsgemisch wird am Boden des Reaktors kontinuierlich entnommen und zur destillativen Aufarbeitung geführt. Das am Kopf des Reaktors entnommene Gas wird durch einen Kühler geleitet, in einem Abscheider von mitgeführtem MeFo befreit und zur Sicherstellung eines ausreichend hohen Begasungsstroms, vermischt mit frischem Kohlenmonoxid, dem Reaktor rückgeführt. Das aus der Gasphase im Abscheider kondensierte MeFo wird ebenfalls der destillativen Aufarbeitung zugeführt. Druck und Temperatur sind derart einzustellen, dass der Katalysator und dessen Abbauprodukte in Lösung gehalten werden.

Ein gegenüber DE 863 046 verbessertes Verfahren ist in der DE-B 880 588 beschrieben.

Bei diesem verbesserten Niederdruckverfahren werden Methanol und 1,6 bis 2,5 Gew.-% Natrium (entsprechend 3,8 bis 5,9 Gew.-% Natriummethylat) in einer mit Füllkörpern bestückten Blasensäule mit Kohlenmonoxid im Gleichstrom von unten nach oben zugeführt und bei einem Druck von bis zu 3,0 MPa (bis zu 30 Atmosphären) umgesetzt. Aus einem am Reaktorkopf befindlichem Gasdom wird flüssiges Reaktionsgemisch entnommen und über einen Umwälzpumpe wieder dem Reaktorboden zugeführt. Am oberen Ende des Gasdoms wird die gasförmige Phase entnommen, durch einen Kühler geleitet, anschließend in einem Abscheider von mitgeführtem MeFo befreit und zur

Sicherstellung eines ausreichend hohen Begasungsstroms, vermischt mit frischem Kohlenmonoxid, dem Reaktor rückgeführt. Im Gegensatz zu dem in DE 863 046 beschriebenen Verfahren wird das gesamte MeFo über die Gasphase entnommen und nach der Kondensation der destillativen Aufarbeitung zugeführt.

5 Aus dem in DE 880 588 enthaltenen Beispiel geht hervor, dass unter Verwendung des 770 L-Reaktors (8 m Länge und 35 cm lichte Weite) bei 3,0 MPa und 85 bis 88°C im Dauerbetrieb 3,1 kg MeFo pro Stunde erhalten werden konnten. Dies entspricht einer Raum-Zeit-Ausbeute von lediglich 4 g/l·h MeFo. Die MeFo-Konzentration im
10 kondensierten Rohaustrag betrug etwa 60 Gew.-% (38 bis 40 Gew.-% Methanol). Aus der Menge an umgewälztem Gas von 206 cm³/s, gerechnet unter Reaktionsbedingungen (entsprechend 17 m³ bei 0°C und 0,1 MPa), und dem Reaktorquerschnitt von 962 cm² ergibt sich eine Gasleerrohrgeschwindigkeit von etwa 0,21 cm/s.

15 Die DE-A 102 17 528.4 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Umsetzung von Methanol mit Kohlenmonoxid bei einem Druck von 0,5 bis 10 MPa absolut und einer Temperatur von 50 bis 150°C in Gegenwart eines Metallalkoholats als Katalysator in einem Reaktor, bei dem man dem Reaktor einen Gasstrom entnimmt, aus
20 diesem Gasstrom mitgeführtes MeFo durch Kondensation abtrennt und den verbleibenden Gasstrom vollständig oder teilweise als Kreisgasstrom zum Reaktor rückführt, wobei man in mindestens einem Bereich des Reaktors, in dem das Gas im wesentlichen in eine Richtung strömt, eine mittlere Gasleerrohrgeschwindigkeit von 1 bis 20 cm/s einstellt. Dieses Verfahren ist besonders vorteilhaft bezüglich der Investitions- und Energiekosten, des Verbrauchs an Katalysator sowie der Raum-Zeit-Ausbeute an MeFo, die 100 g/l · h ist.

5 In allen vorstehend beschriebenen Verfahren zur Herstellung von MeFo bildet sich als unerwünschtes Nebenprodukt, durch Hydrolyse des angesetzten Katalysators sowie durch Reaktion desselben mit dem Wertprodukt MeFo das entsprechende Metallformiat. Die Nachteile der Metallformiatbildung, insbesondere die Bildung von Ablagerungen in den
30 Apparaten und der Verlust an Wertprodukt sind Eingangs bereits dargelegt.

Es war daher Aufgabe der Erfindung, dass im Verfahren zur MeFo-Herstellung unerwünschte Nebenproduktmetallformiat durch Kopplung in einem Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten zu verwerten. Durch die erfindungsgemäße
35 Nutzung eines Kopplungsstromes aus dem MeFo-Verfahren in der Synthese von Ameisensäuren Formiaten werden insbesondere Entsorgungskosten im MeFo-Verfahren sowie Stoffkosten im Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten reduziert.

- 7 -

Die Lösung besteht in einem Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten, wonach man

- 5 - einen flüssigen Strom I, enthaltend Ameisensäure und
- einen flüssigen Strom II, enthaltend ein Metallformiat,

bereitstellt und

- 10 den flüssigen Strom I mit dem flüssigen Strom II unter Erhalt des entsprechenden Ameisensauren Formiats vermischt, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man dem flüssigen Strom I oder einem Vorläufer hiervon, dem flüssigen Strom II oder einem Vorläufer hiervon oder dem Gemisch der flüssigen Ströme I und II einen flüssigen Strom III, enthaltend die nachfolgenden Komponenten mit Anteilen von jeweils > 0,1 Gew.-%:

15

- Metallformiat,
- Metallmethanolat,
- Methanol und
- MeFo (MeFo),

20

zuführt, der in einem Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Reaktion von Methanol mit Kohlenmonoxid, das mit einem trockenlaufenden Kompressor verdichtet wird, in einem Reaktor in Gegenwart eines Metallmethanolats als homogenem Katalysator, mit

- 5 - Entnahme des Reaktionsgemisches als Gasstrom im oberen Bereich des Reaktors und
- Entnahme eines flüssigen Seitenstroms aus dem Reaktor als Strom III oder mit
- Entnahme des Reaktionsgemisches als flüssiger Strom IV, durch
- Abtrennung von MeFo und Methanol aus Strom IV, anfällt.

30

Es wurde somit gefunden, dass ein Kopplungsstrom aus dem Verfahren zur Herstellung von MeFo unter den oben definierten Voraussetzungen verwertet werden kann, d.h.:

- 35 Die Carbonylierungsreaktion des Methanols muss unter Einsatz eines trockenlaufenden Kompressors zur Verdichtung des Kohlenmonoxids durchgeführt worden sein, um Ölverschmutzungen durch den Einsatz eines ölgeschmierten Verdichters auszuschließen.

Als Katalysator für die Carbonylierung muss ein Metallmethanolat eingesetzt worden sein, um zu vermeiden, dass verfahrensfremde Stoffe über den Kopplungsstrom in das Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten eingetragen werden.

- 5 Unter den obigen Voraussetzungen enthält der Kopplungsstrom aus dem Verfahren zur Herstellung von MeFo, vorstehend als flüssiger Strom III bezeichnet, ausschließlich Stoffe, die bereits im Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten vorhanden sind.

- 10 Der Einsatz von trockenlaufenden Kompressoren zur Verdichtung von Kohlenmonoxid ist im allgemeinen bei Verfahren zur Herstellung von MeFo möglich, die bei Drücken bis etwa 50 bar absolut arbeiten.

- 15 Darüber hinaus soll als Kopplungsstrom nicht der Gesamtstrom des Reaktionsgemisches aus der MeFo-Herstellung eingesetzt werden, sondern ein Strom, der dem gegenüber bezüglich des Anteils an Metallformiat aufkonzentriert ist.

- 20 In Verfahren zur Herstellung von MeFo mit Entnahme des Reaktionsgemisches des Gasstroms im oberen Bereich des Reaktors fällt ein derartiger Kopplungsstrom als flüssiger Seitenstrom aus dem Reaktor an.

In Verfahren zur Herstellung von MeFo mit Entnahme des Reaktionsgemisches als flüssiger Strom IV wird ein geeigneter Kopplungsstrom (flüssiger Strom III) durch Abtrennung von MeFo und Methanol aus Strom IV gewonnen.

Die genannte Abtrennung von MeFo und Methanol aus dem flüssigen Strom IV kann bevorzugt destillativ in einer Kolonne durch direkte Einleitung von Wasserdampf durchgeführt werden.

- 30 Vorteilhaft stellt man als Ameisensäures Formiat Ameisensäures Kaliumformiat, Ameisensäures Natriumformiat, Ameisensäures Kalziumformiat oder Gemische hiervon her, Kaliumdiformiat, Natriumdiformiat, Natriumtetraformiat oder deren Gemische.

- 35 Bevorzugt gewinnt man den flüssigen Strom III als Seitenstrom aus seinem Reaktor, worin man MeFo durch Carbonylierung von Methanol mit Kohlenmonoxid bei einem Druck von 0,5 bis 10 MPa absolut und einer Temperatur von 50 bis 150°C herstellt, bei dem man dem Reaktor auf dem oberen Bereich desselben einen Gasstrom entnimmt, aus dem Gasstrom mitgeführtes MeFo durch Kondensation abtrennt und den verbleibenden Gasstrom

vollständig oder teilweise als Kreisgasstrom zum Reaktor zurückführt, wobei man in mindestens einem Bereich des Reaktors, in dem das Gas im wesentlichen in eine Richtung strömt, eine mittlere Gasleerrohrgeschwindigkeit von mindestens 1 bis 20 cm/s, bevorzugt von mindestens 3 bis 10 cm/s, einstellt.

5

Ein derartiges Verfahren ist in der DE-A 102 17 528.4 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit voll umfänglich in die vorliegende Patentanmeldung einbezogen wird.

- 10 Bevorzugt setzt man das Metallmethanolat als homogenen Katalysator in der Carbonylierung von Methanol mit Kohlenmonoxid in einer Konzentration von 0,01 bis 2 mol/kg flüssiges Reaktionsgemisch ein, wobei man als Metallmethanolat vorzugsweise Kaliummethanolat wählt.

- 15 Die Carbonylierung von Methanol zu MeFo führt man bevorzugt bei einem Druck von 2 bis 4 MPa absolut und einer Temperatur von 60 bis 85°C durch.

Ein bevorzugtes molares Verhältnis aus der Gesamtmenge des dem Reaktor zugeführten Methanols und der Menge an frisch zugeführtem Kohlenmonoxid stellt man im Bereich

20 von 1,4 bis 3,3 zu 1, bevorzugt zu von 2 zu 1, ein.

Bevorzugt setzt man als Reaktor für die Herstellung von MeFo eine Blasensäule ein und betreibt dies in Bezug auf die Zuführung des Methanols enthaltenden Flüssigkeitsstromes und des Kohlenmonoxid enthaltenen Gasstromes und der Gleichstromfahrweise.

Alternativ ist es möglich, als Reaktor für die Herstellung von MeFo einen kaskadierten Reaktor einzusetzen und bevorzugt die oberste Zone des kaskadierten Reaktors bei einer

5 Temperatur von 80 bis 150°C zu betreiben.

- 30 In einer vorteilhaften Verfahrensvariante kann man den aus dem Reaktor entnommenen Gasstrom in einer Verstärkungskolonie in einem MeFo enthaltenen Sumpfstrom und einen Kohlenmonoxid und MeFo enthaltenen Kopfstrom auftrennen, aus dem Kopfstrom mitgeführtes MeFo durch Kondensation abtrennen und den verbleibenden Gasstrom vollständig oder teilweise als Kreisgasstrom zum Reaktor zurückführen.

35

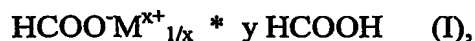
Die Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten, in denen der flüssige Strom III aus der Herstellung von MeFo verwertet wird, sind grundsätzlich nicht eingeschränkt. Generell sind hierzu alle Verfahren geeignet, wonach man einen flüssigen Strom I, enthaltend Ameisensäure und einen flüssigen Strom II, enthaltend ein Metallformiat bereitstellt und den flüssigen Strom I mit dem flüssigen Strom II und Erhalt des entsprechenden Ameisensauren Formiats vermischt.

Bevorzugt sind Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten, wonach man den flüssigen Strom I ausgehend von MeFo erhält, wobei man

- (a) MeFo partiell hydrolysiert und
- (b) das Reaktionsgemisch der partiellen Hydrolyse aus der Verfahrensstufe (a) destillativ in einen leichter siedenden Strom V, umfassend MeFo und Methanol und den schwerer siedenden Strom I, umfassend Ameisensäure und Wasser, auftrennt.

Derartige Verfahren sind aus den deutschen Patentanmeldungen DE-A 102 37 379.5 und DE-A 102 37 380.9 bekannt, deren Offenbarungsgehalt hiermit voll umfänglich in die vorliegende Patentanmeldung einbezogen wird.

Als Ameisensaure Formiate sind Verbindungen und Gemische zu verstehen, welche Formiat-Anionen (HCOO^-), Kationen (M^{x+}) und Ameisensäure (HCOOH) enthalten. Sie können zusammen in Form eines Feststoffs oder einer Flüssigkeit vorliegen und gegebenenfalls noch weitere Komponenten, wie beispielsweise weitere Salze, Zusatzstoffe oder Lösungsmittel wie etwa Wasser, enthalten. Im Allgemeinen können die Ameisensauren Formiate wiedergegeben werden durch die allgemeine Formel



in der M für ein ein- oder mehrwertiges, anorganisches oder organisches Kation steht, x eine positive ganze Zahl ist und die Ladung des Kations angibt und y den molaren Anteil an Ameisensäure bezogen auf das Formiat-Anion wiedergibt. Der molare Anteil an Ameisensäure bezogen auf das Formiat-Anion y liegt im Allgemeinen bei 0,01 bis 100, bevorzugt bei 0,05 bis 20, besonders bevorzugt bei 0,5 bis 5 und insbesondere bei 0,9 bis 3,1.

Die Natur des anorganischen oder organischen Kations M^{x+} ist prinzipiell unerheblich, sofern dieses unter den Bedingungen, unter denen das Ameisensäure Formiat gehandhabt werden soll, stabil ist. Darunter ist beispielsweise auch die Stabilität gegenüber dem reduzierend wirkendem Formiat-Anion zu verstehen. Als mögliche anorganische Kationen seien die ein- und/oder mehrwertigen Metallkationen der Metalle aus der Gruppe 1 bis 14 des Periodensystems, wie beispielsweise Lithium (Li^+), Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Cäsium (Cs^+), Magnesium (Mg^{2+}), Kalzium (Ca^{2+}), Strontium (Sr^{2+}) und Barium (Ba^{2+}), bevorzugt Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Cäsium (Cs^+) und Kalzium (Ca^{2+}) genannt. Als mögliche organische Kationen seien unsubstituiertes Ammonium (NH_4^+) und durch ein oder mehrere Kohlenstoff enthaltende Reste, welche gegebenenfalls auch miteinander verbunden sein können, substituiertes Ammonium, wie beispielsweise Methylammonium, Dimethylammonium, Trimethylammonium, Ethylammonium, Diethylammonium, Triethylammonium, Pyrrolidinium, N-Methylpyrrolidinium, Piperidinium, N-Methylpiperidinium oder Pyridinium genannt.

Unter einem Kohlenstoff enthaltenden organischen Rest ist ein unsubstituierter oder substituierter, aliphatischer, aromatischer oder araliphatischer Rest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen zu verstehen. Dieser Rest kann ein oder mehrere Heteroatome, wie etwa Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel oder Phosphor enthalten, beispielsweise -O-, -S-, -NR-, -CO-, -N=, -PR- und/oder -PR₂ und/oder durch eine oder mehrere funktionelle Gruppen, welche beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und/oder Halogen enthalten, substituiert sein, wie beispielsweise durch Fluor, Chlor, Brom, Iod und/oder eine Cyanogruppe (bei dem Rest R handelt es sich hierbei ebenfalls um einen Kohlenstoff enthaltenden organischen Rest). Bei dem Kohlenstoff enthaltenden organischen Rest kann es sich um einen einwertigen oder auch mehrwertigen, beispielsweise zwei- oder dreiwertigen Rest handeln.

Im Folgenden sind die einzelnen Verfahrensstufen näher erläutert:

Bereitstellung des flüssigen Stromes I Verfahrensstufe (a)

In der Verfahrensstufe (a) wird MeFo mit Wasser partiell zu Ameisensäure und Methanol hydrolysiert. Unter partiell ist zu verstehen, dass nur ein Teil des zugeführten MeFos hydrolysiert wird.

In der Verfahrensstufe (a) können an sich die bekannten Verfahren zur Hydrolyse von MeFo eingesetzt werden. Eine allgemeine Übersicht über bekannte und technisch relevante Verfahren zur Hydrolyse ist beispielsweise in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th edition, 2000 electronic release, Chapter "FORMIC ACID, Production" gegeben. Weitere geeignete Hydrolyseverfahren sind beispielsweise auch in EP-A 0 005 998 und EP-A 0 017 866 beschrieben.

Die Hydrolyse wird im Allgemeinen bei einer Temperatur von 80 bis 150°C und einem Druck von 0,5 bis 2,0 MPa abs durchgeführt. Als Reaktionsapparate können prinzipiell alle Reaktionsapparate eingesetzt werden, welche für Umsetzungen in der Flüssigphase geeignet sind. Als Beispiele seien Rührkessel und Strahlschlaufenreaktor genannt. Bevorzugt ist der Einsatz eines kaskadierten Reaktors.

Im Allgemeinen ist es vorteilhaft, die Hydrolyse in Gegenwart eines sauren Katalysators durchzuführen, da dieser die Hydrolysegeschwindigkeit signifikant erhöht. Als saure Katalysatoren können dabei die gebildete Ameisensäure oder zusätzliche Katalysatoren eingesetzt werden. Die zusätzlichen Katalysatoren können homogener oder heterogener Natur sein. Als Beispiele heterogener Katalysatoren seien saure Ionenaustauscher, wie etwa Polysulfonsäuren oder Poly(perfluoralkylen)sulfonsäuren (z.B. Nafion[®] von Du Pont) und als Beispiele homogener Katalysatoren starke anorganische oder organische Säuren, wie etwa Schwefelsäure, Chlorwasserstoffsäure oder Alkyl- und Tolylsulfonsäuren genannt. Werden homogene Katalysatoren eingesetzt, so sind diese im Allgemeinen in einer Folgestufe abzutrennen. Je nach gewünschter Reinheit der herzustellenden ameisen-sauren Formiate ist es aber gegebenenfalls auch möglich, diese im System zu belassen. In diesem Fall finden sich die sauren Katalysatoren üblicherweise in Form ihrer Salze im ameisen-sauren Formiat wieder. Besonders bevorzugt wird die partielle Hydrolyse in Gegenwart von Ameisensäure als sauren Katalysator durchgeführt, wodurch die Zugabe eines zusätzlichen Katalysators und dessen anschließende Abtrennung beziehungsweise die eventuelle Verunreinigung der ameisen-sauren Formiate entfällt. Im Allgemeinen stellt man hierzu am Reaktoreingang eine Ameisensäure-Konzentration von etwa 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das vorliegende, flüssige, Wasser und MeFo enthaltende Gemisch, durch eine gezielte Zugabe von Ameisensäure beziehungsweise eines Ameisensäure enthaltenden Stroms ein.

Das bei der Hydrolyse einzusetzende Molverhältnis von Wasser zu MeFo beträgt vorteilhaft im Allgemeinen 0,1 zu 1 bis 10 zu 1, bevorzugt 6 zu 1 bis 3 zu 1. Da es sich um

- 13 -

eine Gleichgewichtsreaktion handelt, setzt man bevorzugt einen Überschuss an Wasser ein, wie beispielsweise auch aus EP-A 0 017 866 hervorgeht.

Das aus der partiellen Hydrolyse erhaltene Reaktionsgemisch enthält somit nicht-umgesetzten MeFo, Ameisensäure, Methanol sowie aufgrund des bevorzugten Einsatzes eines Wasser-Überschusses Wasser. Bevorzugt enthält das wässrige Reaktionsgemisch 5 bis 15 Mol-%, besonders bevorzugt 8 bis 12 Mol-% Ameisensäure, 3 bis 30 Mol-%, besonders bevorzugt 6 bis 12 Mol-% MeFo und 6 bis 15 Mol-%, besonders bevorzugt 8 bis 12 Mol-% Methanol.

Verfahrensstufe (b)

In der Verfahrensstufe (b) wird aus dem in der Verfahrensstufe (a) erhaltenen Reaktionsgemisch MeFo und Methanol (Strom V) unter Bildung des Ameisensäure und Wasser enthaltenden Stroms destillativ abgetrennt. MeFo und Methanol können dabei prinzipiell zusammen in Form eines Stroms oder getrennt in Form eines MeFo enthaltenden Stroms und eines Methanol enthaltenden Stroms abgetrennt werden. Im Allgemeinen werden MeFo und Methanol im oberen Teil der Kolonne getrennt oder zusammen entnommen. Der Ameisensäure und Wasser enthaltende Strom I wird im Allgemeinen aus dem Sumpf entnommen. Bevorzugt ist in der Verfahrensstufe (b) die gemeinsame Abtrennung eines MeFo und Methanol enthaltenden Stroms.

Die Auslegung und der Betrieb der Destillationskolonne sind in erster Linie abhängig von der Zusammensetzung des zugeführten Stroms sowie den gewünschten Reinheiten der beiden Produktströme und kann vom Fachmann in bekannter Art und Weise ermittelt werden.

Bevorzugt kann man den MeFo und Methanol enthaltenen, leichter siedenden, flüssigen Strom V in die Verfahrensstufe (a) zurückführen.

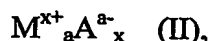
Bereitstellung des flüssigen Stromes II

In einer Verfahrensvariante kann der flüssige Strom II, enthaltend ein Metallformiat, durch Verseifung erhalten werden, indem man den MeFo und Methanol umfassenden Strom V in Verfahrensstufe c) durch

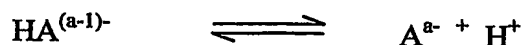
- (i) Umsetzung mit einer basischen Verbindung mit einem pK_a -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von ≥ 3 , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, in Gegenwart von Wasser, und
- (ii) destillative Abtrennung des Methanols in den Metallformiat und Wasser enthaltenden Strom II überführt.

Die einzusetzende basische Verbindung weist bevorzugt einen pK_a -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von $\geq 3,5$, besonders bevorzugt von ≥ 9 und ganz besonders bevorzugt von ≥ 10 , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, auf. Die basische Verbindung kann anorganischer oder organischer Natur sein. Bei der basischen Verbindung kann es sich um ein Salz oder eine kovalente Verbindung handeln. Unter der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe ist dabei die durch formale Addition eines Protons (H^+) gebildete Säure zu verstehen.

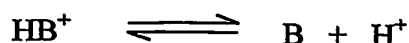
Für den Fall, dass es sich bei der basischen Verbindung um ein Salz handelt, kann dieses allgemein durch die Formel



in der M und x die unter (I) genannte Bedeutung besitzen und A einem anorganischem oder organischem Anion mit der Ladung "a-" entspricht, dargestellt werden. Die korrespondierende Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe entspricht somit $\text{HA}^{(a-1)-}$. Die entsprechende und für den heranzuziehenden pK_a -Wert maßgebliche Dissoziationsgleichung lautet



Für den Fall, dass es sich bei der basischen Verbindung um eine kovalente Verbindung B handelt, lautet die für den heranzuziehenden pK_a -Wert maßgebliche Dissoziationsgleichung



Als Beispiele geeigneter basischer Verbindungen seien die Salze $\text{M}^{x+}_a \text{A}^{a-}_x$ (II), in denen M^{x+} für ein ein- oder mehrwertiges Metallkation eines Metalls wie oben beschrieben und A^{a-} für ein Anion wie in Tabelle 1a aufgelistet steht sowie die kovalenten Verbindungen B wie in Tabelle 1b aufgelistet, genannt.

Tabelle 1a: Mögliche Anionen A^{a-} geeigneter basischer Verbindungen und pK_a -Werte (gemessen bei 25°C in wässriger Lösung) der korrespondierenden Säuren der entsprechenden Dissoziationsstufen.

5

Anionen A^{a-}	korrespondierende Säure	pK_a -Wert
Hydroxid (OH^-)	Wasser (H_2O)	14,0
Carbonat (CO_3^{2-})	Hydrogencarbonat (HCO_3^-)	10,3
Hydrogencarbonat (HCO_3^-)	Kohlensäure (H_2CO_3)	6,4
Borat (BO_3^{3-})	Hydrogenborat (HBO_3^{2-})	> 14
Hydrogenborat (HBO_3^{2-})	Dihydrogenborat ($H_2BO_3^-$)	> 14
Dihydrogenborat ($H_2BO_3^-$)	Borsäure (H_3BO_3)	9,3
Phosphat (PO_4^{3-})	Hydrogenphosphat (HPO_4^{2-})	12,3
Hydrogenphosphat (HPO_4^{2-})	Dihydrogenphosphat ($H_2PO_4^-$)	7,2
Formiat	Ameisensäure	3,8
Acetat	Essigsäure	4,8
Propionat	Propionsäure	4,9
Oxalat ($C_2O_4^{2-}$)	Hydrogenoxalat ($HC_2O_4^-$)	4,2
2-Ethylhexanoat ($C_4H_9-CH(C_2H_5)-COO^-$)	2-Ethylhexansäure ($C_4H_9-CH(C_2H_5)-COOH$)	> 4

Tabelle 1b: Mögliche kovalente Basen B als geeignete basische Verbindungen und pK_a -Werte (gemessen bei 25°C in wässriger Lösung) der korrespondierenden Säuren der entsprechenden Dissoziationsstufen.

10

kovalente Base B	korrespondierende Säure	pK_a -Wert
Ammoniak	Ammonium	9,3
Methylamin	Methylammonium	10,6

Dimethylamin	Dimethylammonium	10,7
Trimethylamin	Trimethylammonium	9,8
Ethylamin	Ethylammonium	10,7
Diethylamin	Diethylammonium	11,0
Triethylamin	Triethylammonium	10,8
Pyrollidin	Pyrollidinium	11,3
N-Methylpyrrolidin	N-Methylpyrrolidinium	10,3
Piperidin	Piperidinium	11,1
N-Methylpiperidin	N-Methylpiperidinium	10,1
Pyridin	Pyridinium	5,3

Bevorzugt setzt man als basische Verbindungen Lithiumhydroxid, Lithiumhydrogencarbonat, Lithiumcarbonat, Natriumhydroxid, Natriumhydrogencarbonat, Natriumcarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumcarbonat, Ammoniumcarbonat, Ammoniumhydrogencarbonat und/oder Ammoniak, besonders bevorzugt Natriumhydroxid, Natriumhydrogencarbonat, Natriumcarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumcarbonat und/oder Ammoniak und besonders bevorzugt Natriumhydroxid, Natriumcarbonat, Kaliumhydroxid und/oder Kaliumcarbonat, insbesondere Natriumhydroxid und/oder Kaliumhydroxid ein.

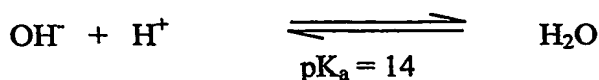
Die Art der Zugabe der basischen Verbindungen ist im Allgemeinen unwesentlich. Sie können in fester, flüssiger oder gasförmiger Form, als Reinsubstanz, als Substanzgemisch oder als Lösung zugegeben werden. Als Beispiele seien die Zugabe in Form wässriger Lösungen (z.B. wässrige Lösungen der Alkalisalze oder Ammoniakwasser), in Form fester Verbindungen (z.B. Pulver der Alkalisalze), in gasförmigem Zustand (z.B. gasförmiger Ammoniak) genannt. Bevorzugt ist die Zugabe in Form ihrer wässrigen Lösungen.

Auch die Reihenfolge der Zugaben der Edukte ist im Allgemeinen unwesentlich. So ist es beispielsweise möglich, die basische Verbindung in fester oder flüssiger Form (z.B. als wässrige Lösung) vorzulegen und anschließend den MeFo enthaltenden Strom flüssig oder gasförmig einzutragen. Es ist ferner möglich, den MeFo enthaltenden Strom in flüssiger Form vorzulegen und anschließend die basische Verbindung zuzufügen. Des Weiteren ist es natürlich auch möglich und insbesondere bei der Durchführung eines kontinuierlich

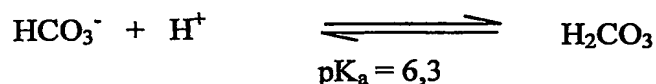
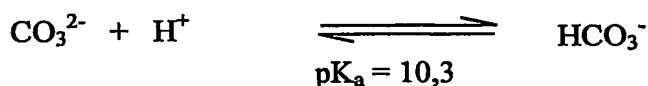
- 17 -

arbeitenden Verfahrens von Vorteil, den MeFo enthaltenden Strom und die basische Verbindung kontinuierlich zusammenzuführen.

Das Molverhältnis des MeFos zur basischen Verbindung ist vorteilhafterweise stöchiometrisch einzustellen, das heißt derart, dass sich entsprechend der Reaktionsstöchiometrie der zugegebene MeFo mit der zugegebenen basischen Verbindung zum entsprechenden Formiat und Wasser umsetzt. Die maßgebliche Größe hierfür ist das sogenannte Moläquivalent der basischen Verbindung, wobei hierbei alle Dissoziationsstufen, welche durch Addition von Protonen zu korrespondierenden Säuren führen, welche einem pK_a -Wert von 3,3, gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, aufweisen, zu berücksichtigen sind. So ist beim Einsatz von Kaliumhydroxid als basische Verbindung bevorzugt ein MeFo/Kaliumhydroxid-Molverhältnis von 1,0 zu wählen, da dies der Bildung von Kaliumformiat entspricht:



Beim Einsatz von Kaliumcarbonat als basische Verbindung ist bevorzugt ein MeFo/Kaliumcarbonat-Molverhältnis von 2,0 zu wählen, da die korrespondierende Kohlensäure zweibasig ist:



Abweichungen von der genannten stöchiometrischen Zugabe nach oben und unten sind beim erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch möglich. So besteht bei einem Unterschuss an basischer Verbindung die Gefahr einer unvollständigen Umsetzung des MeFos und somit die Gefahr einer Verunreinigung des destillativ abzutrennenden Methanols mit nicht-umgesetztem MeFo. Bei einem Überschuss an basischer Verbindung würde der resultierende Strom neben dem entsprechenden Formiat und dem Wasser noch die restliche basische Verbindung enthalten.

Die Menge des in der Verfahrensstufe (c) einzusetzenden Wassers kann über einen breiten Bereich variieren. Im Allgemeinen setzt man bei der Umsetzung 20 bis 90 Gew.-% und

bevorzugt 40 bis 50 Gew.-% Wasser, bezogen auf die zugeführte Menge an MeFo ein. Im Allgemeinen erfolgt die Zugabe des Wassers über eine wässrige Lösung der basischen Verbindung, obgleich auch die Zugabe von reinem Wasser möglich ist.

- 5 Die Umsetzung des MeFo enthaltenden Stroms in Verfahrensstufe (c) mit der genannten basischen Verbindung in Gegenwart von Wasser führt man im Allgemeinen bei einer Temperatur von 0 bis 150°C, bevorzugt von 30 bis 120°C und besonders bevorzugt von 50 bis 80°C durch. Bei der Durchführung beträgt der Druck im Allgemeinen 0,05 bis 1 MPa abs, bevorzugt 0,08 bis 0,5 MPa abs und besonders bevorzugt 0,09 bis 0,15 MPa abs.

10

Die Umsetzung des MeFo enthaltenden Stroms in Verfahrensstufe (c) mit der genannten basischen Verbindung in Gegenwart von Wasser ist prinzipiell unabhängig von der destillativen Abtrennung des Methanols. Die destillative Abtrennung des Methanols kann daher prinzipiell vor, zusammen mit oder nach der genannten Umsetzung erfolgen.

- 15 Bevorzugt ist die destillative Abtrennung des Methanols zusammen mit oder nach der genannten Umsetzung.

Bei der destillativen Abtrennung des Methanols vor oder nach der genannten Umsetzung können für die Umsetzung prinzipiell alle Reaktionsapparate eingesetzt werden, welche für

20 Umsetzungen in der Flüssigphase geeignet sind. Als Beispiele genannt seien Rührkessel und Strahlschlaufenreaktor. Die destillative Abtrennung des Methanols erfolgt dabei dann in einem separaten Schritt, üblicherweise in einer Destillationskolonne.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren besonders bevorzugt ist die Durchführung der destillativen Abtrennung des Methanols (Verfahrensstufe (ii)) zusammen mit der Umsetzung des MeFos mit dem Wasser und der basischen Verbindung unter Überführung in den Formiat und Wasser enthaltenden Strom II (Verfahrensstufe (i)) in einer Kolonne.

- 30 Aufgrund des gegenüber Wasser niedrigeren Siedepunkts des MeFos gibt man hierbei den MeFo und Methanol enthaltenden Strom aus der Verfahrensstufe (b) vorteilhafterweise unterhalb der Zugabestelle des Wassers und der basischen Verbindung zu. Da der MeFo und das Methanol in der Kolonne aufsteigt und das Wasser sowie die basische Verbindung nach unten strömen, weist die Kolonne einen, für die genannte Umsetzung geeigneten Bereich auf. Das Methanol steigt nach oben und kann über Kopf isoliert werden. Da die
- 35 Herstellung von MeFo im Allgemeinen durch Carbonylierung von Methanol erfolgt, ist es besonders vorteilhaft, das über Kopf isolierte Methanol als Einsatzstoff für die MeFo-Herstellung zurückzuführen, wobei das zurückzuführende Methanol bei dieser Variante

durchaus auch noch restliche Mengen an MeFo enthalten kann. Somit ist es in der Gesamtbilanz lediglich erforderlich, die geringen Methanol-Verluste durch frisches Methanol zu ersetzen.

- 5 Der das wässrige Formiat enthaltende Strom strömt in der Kolonne nach unten und wird als Sumpfstrom entnommen. Dabei ist es gegebenenfalls von Vorteil, einen Teil des Wassers als Seitenstrom am unteren Ende der Kolonne zu entnehmen und der Hydrolyse zurückzuführen. Durch diese Maßnahme kann bereits eine höher konzentrierte wässrige Lösung des entsprechenden Formiats erhalten werden.

10

- Die erforderliche Verweilzeit im Verseifungsteil der Kolonne kann beispielsweise durch geeignete Einbauten, wie etwa Thormann-Böden, oder gegebenenfalls durch ein externes Reaktionsvolumen bereitgestellt werden. Bei Bereitstellung eines externen Reaktionsvolumens wird der zu verseifende Strom aus der Kolonne an geeigneter Stelle
15 durch eine Seitenabzug entnommen, dem externen Reaktionsapparat zugeführt und der Kolonne an geeigneter Stelle wieder zugeführt. Beide Varianten sind als in erster Linie gleichwertig anzusehen.

20

Die Auslegung der Kolonne erfolgt in der für den Fachmann üblichen und bekannten Art und Weise.

In einer weiteren Alternativ ist es möglich, den Metallformiat enthaltenen Strom II durch Karbonylierung des entsprechenden Metallhydroxids zu gewinnen. Ein derartiges Verfahren ist in der DE-A 102 37 380.9 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit voll umfänglich in die vorliegende Patentanmeldung einbezogen wird.

30

- Die genannte Carbonylierung erweist sich insbesondere als besonders vorteilhaft, da sie den Einsatz gut und einfach zugänglicher Einsatzstoffe ermöglicht und technisch einfach durchzuführen ist. So lässt sich beispielsweise gemäß A.F. Hollemann, N. Wiberg, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Walter de Gruyter Verlag Berlin New York, 1985, 91. - 100. Auflage, Seite 722 Natriumformiat durch Einleiten von Kohlenmonoxid in Natronlauge bei 150 bis 170_C und einem Druck von 3 bis 4 bar und gemäß Seite 947 desselben Lehrbuchs Kaliumformiat durch Einwirkung von Kohlenmonoxid auf eine wässrige Lösung von Kaliumsulfat und Ätzkalk bei 230_C und 30 bar herstellen. Nach
35 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th edition, 2000 electronic release, Chapter "FORMIC ACID, Production, Other Processes" kann Natriumformiat beispielsweise durch Einwirkung von Kohlenmonoxid auf wässrige Natronlauge bei 180°C

und 1,5 bis 1,8 MPa unter Einsatz eines Reaktionsturms gewonnen werden. Die wässrige Natronlauge rieselt dabei von oben nach unten, wohingegen das Kohlenmonoxid im Gegenstrom von unten nach oben strömt.

- 5 Im nächsten Verfahrensschritt zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten werden die bereitgestellten Ströme I, enthaltend Ameisensäure und II, enthaltend ein Metallformiat vermischt.

10 Hierbei ist die Reihenfolge der Zugabe des flüssigen Stroms I und des flüssigen Stroms II im Allgemeinen unwesentlich. Insbesondere ist es möglich und gegebenenfalls vorteilhaft, den Ameisensäure enthaltenden flüssigen Strom I und/oder den Metallformiat enthaltenden flüssigen Strom II vor dem Vermischen einer Aufkonzentration an Ameisensäure bzw. Metallformiat zu unterziehen, insbesondere durch Entfernung eines Teils des vorhandenen Wassers durch Verdampfung, bevorzugt durch Abdestillieren.

15

Die konkreten Verfahrensbedingungen, insbesondere bezüglich Temperatur und Druck sowie die konkret eingesetzten Apparate zum Mischen der flüssigen Ströme I und II unterliegen grundsätzlich keinen Beschränkungen und können vom Fachmann in geeigneter Weise bestimmt werden. Nähere Ausführungen hierzu enthält die vorstehend

20 zitierte DE-A 102 37 379.5.

Bevorzugt vermischt man den flüssigen Strom I und den flüssigen Strom II in einer Kolonne, zieht daraus die ameisensaures Formiat und Wasser enthaltende Sumpfflüssigkeit ab und scheidet aus der Sumpfflüssigkeit ameisensaures Formiat durch Kristallisation, Sprühgranulation, Sprühtrocknung oder Schmelzkristallisation ab und isoliert das abgeschiedene ameisensaure Formiat.

Alternativ ist jedoch möglich, das als Sumpfflüssigkeit in Form einer wässrigen Lösung erhaltene Ameisensäureformiat als solche abzufüllen, zu lagern, zu transportieren und/oder

30 für entsprechende Formulierungen und Anwendungen einzusetzen.

Die Durchführung der Aufkonzentrierungsverfahren liegt im Bereich des üblichen fachmännischen Könnens und ist beispielsweise in der DE-A (53829) ausführlich dargelegt.

35

Gegenstand der Erfindung ist auch die Verwendung der unter Verwertung eines Kopplungsstroms aus dem MeFo-Verfahren hergestellten ameisensauren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen.

5 Ferner ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten ameisensauren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen. Als Beispiele seien die Verwendung ameisensauren Formiate zur Konservierung und Ansäuerung von Gras, landwirtschaftlichen Pflanzen, Fisch sowie Fisch- und Fleischprodukten genannt, wie sie beispielsweise in WO 97/05783,
10 WO 99/12435, WO 00/08929 und WO 01/19207 beschrieben sind.

Des Weiteren ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten ameisensauren Formiate zur Behandlung von Bioabfällen. Die Verwendung ameisensaurer Formiate zur Behandlung von Bioabfällen ist beispielsweise in
15 WO 98/20911 beschrieben.

Ferner ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten ameisensauren Formiate als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere, wie beispielsweise für Zuchtsauen, Mastschweine, Geflügel, Kälber, Kühe und
20 Fische. Die genannte Verwendung ist beispielsweise in WO 96/35337 beschrieben. Bevorzugt ist die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten ameisensauren Kaliumformiate, insbesondere von Kaliumdiformiat, als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere, insbesondere für Zuchtsauen und Mastschweine.

Als ganz besonders bevorzugte Mischungen für die bevorzugte Verwendung der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten ameisensauren Kaliumformiate als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere seien die folgenden zwei Zusammensetzungen genannt.

30

	Mischung 1 (Gew.-%)	Mischung 2 (Gew.-%)
Kaliumdiformiat	20 bis 60	60 bis 99
Natriumdiformiat/tetraformiat	20 bis 50	---
Kalziumformiat	0 bis 25	0 bis 28

- 22 -

Trocknungsmittel (Silicat oder Stärke)	0 bis 4	0 bis 4
Wasser	0 bis 5	0 bis 5

Ganz besonders bevorzugt ist die Verwendung des erfindungsgemäß hergestellten Kaliumdiformiats als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere in Form eines Produkts der Zusammensetzung $98,0 \pm 1$ Gew.-% Kaliumdiformiat, 1,5 \pm 1 Gew.-% Silicat und 0,5 \pm 0,3 Gew.-% Wasser.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert:

Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 ein vereinfachtes Verfahren des Fließbild einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zur Kaliumdiformiatsynthese, mit Esterverseifung und

Figur 2 ein vereinfachtes Verfahren des Fließbild einer besonders bevorzugten Ausführungsform, bei der das Metallformiat durch Carbonylierung gestellt wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform, deren vereinfachtes Verfahrensflißbild in Figur 1 dargestellt ist, gibt man über Leitung 1 MeFo sowie vom Verfahren rückgeführtes, Ameisensäure enthaltendes Wasser dem kaskadierten Hydrolysereaktor A zu. Im Allgemeinen werden die beiden Edukte vorgemischt (wie im Fließbild dargestellt) oder getrennt in einem Wärmetauscher auf die gewünschte Eintrittstemperatur gebracht. Das aus der Hydrolysestufe (Verfahrensstufe (a)) stammende Reaktionsgemisch, welches nicht-umgesetzten MeFo, Wasser, Ameisensäure und Methanol enthält, wird über Leitung 2 der Kolonne B zugeführt, in der eine destillative Trennung des Reaktionsgemischs in einen MeFo und Methanol enthaltenden Kopfstrom und einen wässrige Ameisensäure enthaltenden Sumpfstrom erfolgt (Verfahrensstufe (b)). Der Leitung 2 wird ein Metallformiat, Metallmethanolat, Methanol und MeFo enthaltender flüssiger Strom III aus einem Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Carbonylierung von Methanol zugeführt. Der MeFo und Methanol enthaltende Kopfstrom V wird über Leitung 3 der Kolonne C zugeführt. Des Weiteren wird der Kolonne C oberhalb der Zulaufstelle des MeFo und Methanol enthaltenden Stroms über Leitung 5 die wässrige basische Verbindung, besonders bevorzugt Kaliumhydroxidlösung, zugeführt. Alternativ oder

zusätzlich zu der Zuführung über Leitung 2 wird der Kolonne C, bevorzugt etwa im mittleren Bereich derselben, ein flüssiger Strom III aus der Herstellung von MeFo zugeführt. Über Kopf von Kolonne C wird Methanol gewonnen und bevorzugt zur erneuten Herstellung von MeFo durch Carbonylierung rückgeführt. Am unteren Ende der Kolonne C wird ein Teil des Wassers entnommen und über Leitung 6 zur Hydrolysestufe zurückgeführt. Als Sumpfprodukt wird eine wässrige Kaliumformiatlösung erhalten. Der die wässrige Ameisensäure enthaltende Strom I aus der Verfahrensstufe (b) wird über Leitung 7 der Kolonne E zugeführt. Über Leitung 8 wird der die wässrige Formiatlösung enthaltende Strom II aus der Verfahrensstufe (c) zugeführt. Die Kolonne E wird vorteilhafterweise derart betrieben, dass als Sumpfprodukt ein aufkonzentriertes, Ameisensäure, Formiat und Wasser enthaltendes Gemisch mit einem Wassergehalt von im Allgemeinen 10 bis 40 Gew.-% erhalten wird. Ein Teil des Wassers wird der Kolonne E in Form eines Ameisensäure enthaltenden Wasser-Stroms als Kopfprodukt entnommen und über Leitung 13 zur Hydrolysestufe zurückgeführt. Ein Teil des geringe Mengen an Ameisensäure enthaltenden Wasser-Stroms kann dabei optional über Leitung 12 aus dem System entnommen werden. Das Sumpfprodukt der Kolonne E wird über Leitung 9 einem zur Kristallisation geeignetem Apparat G, beispielsweise einem sogenannten Kühlscheiben-Kristaller, zugeführt. Die Kristallisation erfolgt in erster Linie durch Temperaturabsenkung. Die erhaltenen Kristalle werden zusammen mit der überstehenden Lösung zur Abtrennung dem Apparat F zugeführt. Bevorzugt erfolgt die Abtrennung durch Zentrifugation. Die abgetrennten Kristalle werden über Leitung 10 entnommen und können beispielsweise in optionalen Folgestufen getrocknet und/oder konfektioniert werden. Die erhaltene Mutterlauge wird über Leitung 11 zur Kolonne E zurückgeführt.

In einer anderen, besonders bevorzugten Ausführungsform, deren vereinfachtes Verfahrensfliessbild in Figur 2 dargestellt ist, führt man die Verfahrensstufen (a) und (b) sowie die Herstellung des Metallformiats, bevorzugt des Kaliumformiats, und den Betrieb der Kolonnen C und E wie in der zuvor beschriebenen, besonders bevorzugten Ausführungsform durch. Der Leitung 3 wird ein flüssiger Strom III aus der Herstellung von MeFo zugeführt. Der Kolonne C wird über Leitung 12 ein Metallformiat enthaltender Strom II zugeführt, der durch Carbonylierung des entsprechenden Metallhydroxids gewonnen wurde. Der, die wässrige Ameisensäure enthaltende Strom I aus der Verfahrensstufe (b) wird über Leitung 14 und der, die wässrige Metallformiatlösung enthaltende Strom II aus Kolonne C über Leitung 13 der Kolonne E zugeführt. Die Kolonne E wird vorteilhafterweise derart betrieben, dass als Sumpfprodukt ein aufkonzentriertes, Ameisensäure, Metallformiat und Wasser enthaltendes Gemisch mit einem Wassergehalt von im Allgemeinen 0,5 bis 30 Gew.-% erhalten wird. Ein Teil des

zugeführten Wassers wird der Kolonne E in Form eines Ameisensäure enthaltenden Wasser-Stroms als Kopfprodukt entnommen und über Leitung 19 zur Hydrolysestufe zurückgeführt. Ein Teil des geringe Mengen an Ameisensäure enthaltenden Wasser-Stroms kann dabei optional über Leitung 18 aus dem System entnommen werden. Das Sumpfprodukt der Kolonne E wird über Leitung 15 einem zur Sprühgranulation, Sprühtrocknung oder Schmelzkristallisation geeignetem Apparat G zugeführt. Das erhaltene feste ameisensaure Formiat wird über Leitung 16 entnommen und kann beispielsweise in optionalen Folgestufen weiter getrocknet und/oder konfektioniert werden. Das erhaltene Kondensat kann optional über Leitung 17 zur Kolonne E zurückgeführt oder aus dem System ausgeschleust werden.

BASF Aktiengesellschaft

14. Mai 2003
B03/0070 IB/HKE/KUD/vo/arw**Patentansprüche**

5 1. Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten, wonach man

- einen flüssigen Strom I, enthaltend Ameisensäure und
- einen flüssigen Strom II, enthaltend ein Metallformiat,

10 bereitstellt und

den flüssigen Strom I mit dem flüssigen Strom II unter Erhalt des entsprechenden Ameisensauren Formiats vermischt, dadurch gekennzeichnet, dass man dem flüssigen Strom I oder einem Vorläufer hiervon, dem flüssigen Strom II oder einem Vorläufer hiervon oder dem Gemisch der flüssigen Ströme I und II einen flüssigen Strom III, enthaltend die nachfolgenden Komponenten mit Anteilen von jeweils > 0,1 Gew.-%:

- Metallformiat,
- Metallmethanolat,
- Methanol und
- MeFo (MeFo),

zuführt, der in einem Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Carbonylierung von Methanol in einem Reaktor bei einem Druck bis 50 MPa abs in Gegenwart eines Metallmethanolats als homogenem Katalysator, mit

- Entnahme des Reaktionsgemisches als Gasstrom im oberen Bereich des Reaktors und
- Entnahme eines flüssigen Seitenstroms aus dem Reaktor als Strom III oder eine Entnahme des Reaktionsgemisches als flüssiger Strom IV und
- Nach Abtrennung von MeFo und Methanol aus Strom IV, anfällt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man MeFo und Methanol aus dem flüssigen Strom IV destillativ in einer Kolonne durch direkte Einleitung von Wasserdampf abtrennt.

- 2 -

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man den flüssigen Strom I ausgehend von MeFo erhält, wobei man

(a) MeFo partiell hydrolisiert und

(b) das Reaktionsgemisch der partiellen Hydrolyse aus der Verfahrensstufe (a) destillativ in einen leichter siedenden Strom V, umfassend MeFo und Methanol und den schwerer siedenden Strom I, umfassend Ameisensäure und Wasser, auftrennt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man Wasser und MeFo in der Verfahrensstufe (a) im Molverhältnis von 0,1 zu 1 bis 10 zu 1, insbesondere im Molverhältnis von 6 zu 1 bis 3 zu 1 einsetzt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass man den flüssigen Strom V in die Verfahrensstufe (a) zurückführt.

6. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass man den MeFo und Methanol umfassenden Strom V in Verfahrensstufe (c) durch

(iii) Umsetzung mit einer basischen Verbindung mit einem pK_a -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von ≥ 3 , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, in Gegenwart von Wasser, und

(iv) destillative Abtrennung des Methanols in den Metallformiat und Wasser enthaltenden Strom II überführt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man die Verfahrensstufen (i) und (ii) gemeinsam in einer Kolonne durchführt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man den Metallformiat enthaltenen Strom II durch Carbonylierung des entsprechenden Metallhydroxids gewinnt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man den flüssigen Strom I und den flüssigen Strom II in einer Kolonne (E) vermischt, die ameisen-saures Formiat und Wasser enthaltende Sumpfflüssigkeit abzieht, daraus das ameisen-saure Formiat durch Kristallisation, Sprühgranulation, Sprühtrocknung oder Schmelzkristallisation abscheidet und dieses isoliert.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man als
ameisensaures Formiat ameisensaures Kaliumformiat, ameisensaures
Natriumformiat, ameisensaures Kalziumformiat oder Gemische hiervon,
5 Kaliumdiformiat, Natriumdiformiat, Natriumtetraformiat oder deren Gemische
herstellt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass man
das Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Carbonylierung von Methanol mit
10 Kohlenmonoxid in einem Reaktor, in dem der flüssige Strom III als Seitenstrom
anfällt, bei einem Druck von 0,5 bis 10 MPa abs und einer Temperatur von 50 bis
150°C durchführt, bei dem man dem Reaktor einen Gasstrom entnimmt, aus dem
Gasstrom mitgeführtes MeFo durch Kondensation abtrennt und den verbleibenden
Gasstrom vollständig oder teilweise als Kreisgasstrom zum Reaktor zurückführt,
15 wobei man in mindestens einem Bereich des Reaktors, in dem das Gas im
wesentlichen in eine Richtung strömt, eine mittlere Gasleerrohrgeschwindigkeit von
mindestens 1 bis 20 cm/s, bevorzugt von mindestens 2 bis 10 cm/s, einstellt.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass man das
20 Metallmethanolat als homogenen Katalysator in der Carbonylierung von Methanol
mit Kohlenmonoxid in einer Konzentration von 0,01 bis 2 mol/kg flüssiges
Reaktionsgemisch einsetzt und dass man als Metallmethanolat vorzugsweise
Kaliummethanolat einsetzt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass man die
25 Carbonylierung von Methanol zu MeFo bei einem Druck von 2 bis 4 MPa absolut
und einer Temperatur von 60 bis 85°C durchführt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass man
30 ein molares Verhältnis aus der Gesamtmenge des dem Reaktor zugeführten
Methanols und der Menge an frisch zugeführtem Kohlenmonoxid von 1,4 bis 3,3 : 1,
bevorzugt von 2 : 1, einstellt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass man
35 als Reaktor für die Herstellung von MeFo eine Blasensäule einsetzt und diese in
Bezug auf die Zuführung des Methanol enthaltenden Flüssigkeitsstromes und des
Kohlenmonoxid enthaltenen Gasstromes unter Gleichstromfahrweise betreibt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass man als Reaktor für die Herstellung von MeFo einen kaskadierten Reaktor einsetzt und bevorzugt die oberste Zone des kaskadierten Reaktors bei einer Temperatur von 80 bis 150°C betreibt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass man den aus dem Reaktor entnommenen Gasstrom in einer Verstärkungskolonie in einen MeFo enthaltenden Sumpfstrom und einen Kohlenmonoxid und MeFo enthaltenden Kopfstrom auftrennt, aus dem Kopfstrom mitgeführtes MeFo durch Kondensation abtrennt und den verbleibenden Gasstrom vollständig oder teilweise als Kreisgasstrom zum Reaktor zurückführt.
18. Verwendung der in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17 hergestellten ameisensauren Formiaten zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und/oder tierischen Stoffen.
19. Verwendung der in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17 hergestellten ameisensauren Formiaten zur Behandlung von Bioabfällen.
20. Verwendung der in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17 hergestellten ameisensauren Formiaten als Additive in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere.

- 1 -

BASF Aktiengesellschaft

14. Mai 2003
B03/0070 IB/HKE/KUD/vo/arw**Zusammenfassung**

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten vorgeschlagen, wonach man

- einen flüssigen Strom I, enthaltend Ameisensäure und
- einen flüssigen Strom II, enthaltend ein Metallformiat,

bereitstellt und

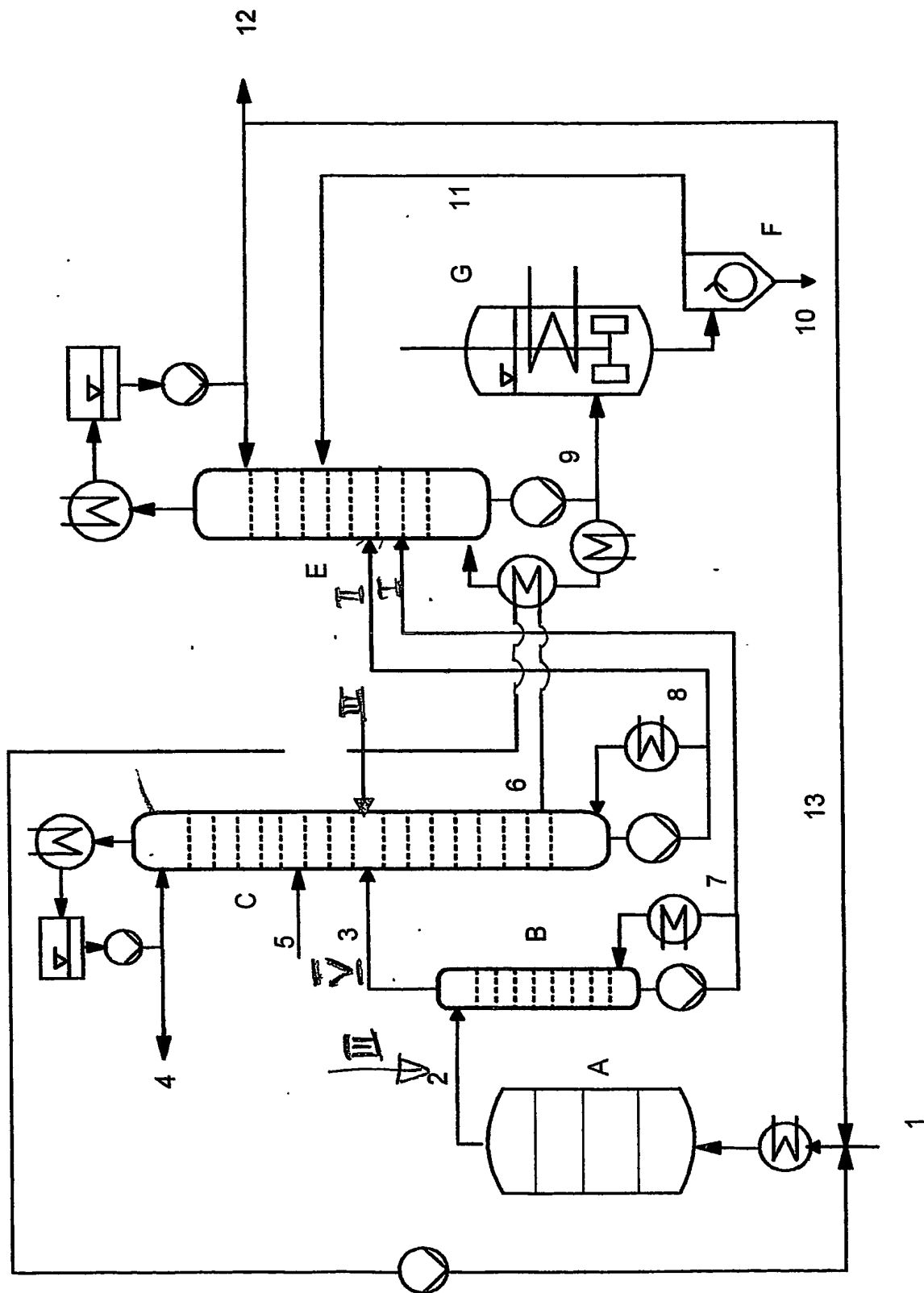
- den flüssigen Strom I mit dem flüssigen Strom II unter Erhalt des entsprechenden Ameisensauren Formiats vermischt, dadurch gekennzeichnet, dass man dem flüssigen Strom I oder einem Vorläufer hiervon, dem flüssigen Strom II oder einem Vorläufer hiervon oder dem Gemisch der flüssigen Ströme I und II einen flüssigen Strom III, enthaltend die nachfolgenden Komponenten mit Anteilen von jeweils > 0,1 Gew.-%:

- Metallformiat,
- Metallmethanolat,
- Methanol und
- MeFo (MeFo),

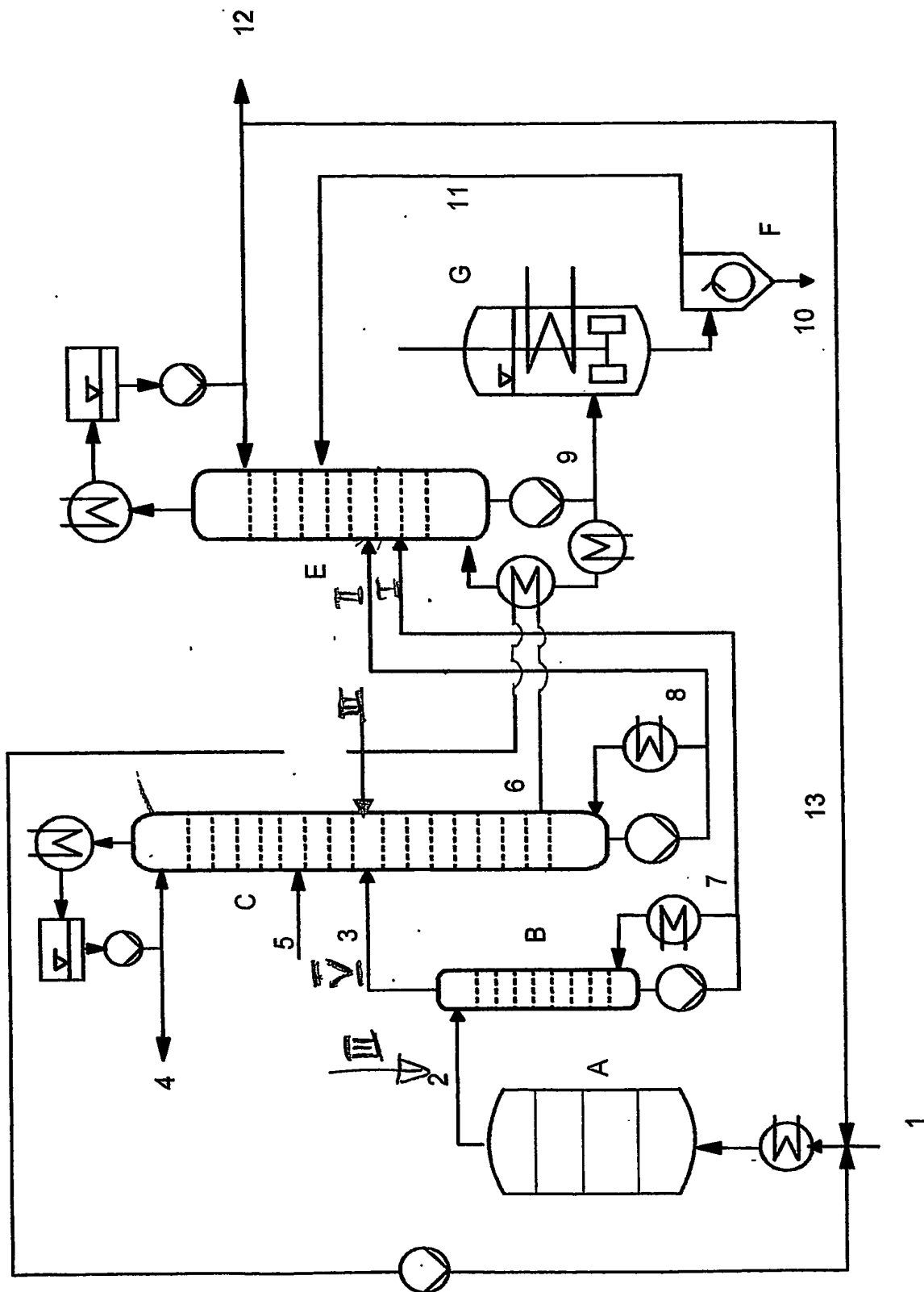
zuführt, der in einem Verfahren zur Herstellung von MeFo durch Carbonylierung von Methanol in einem Reaktor bei einem Druck bis 50 MPa abs in Gegenwart eines Metallmethanolats als homogenem Katalysator anfällt.

(Figur 1)

Figur 1



Figur 1



Figur 2

